

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 04369467 A

(43) Date of publication of application: 22 . 12 . 92

(51) Int. Cl

G01N 21/41

(21) Application number: 03264874

(71) Applicant: YOKOGAWA ELECTRIC CORP

(22) Date of filing: 14 . 10 . 91

(72) Inventor: OYA AKIRA
TANAKA HIDEKO

(30) Priority: 12 . 04 . 91 JP 03 24090

(54) PHOTOTHERMAL LENS ANALYSER

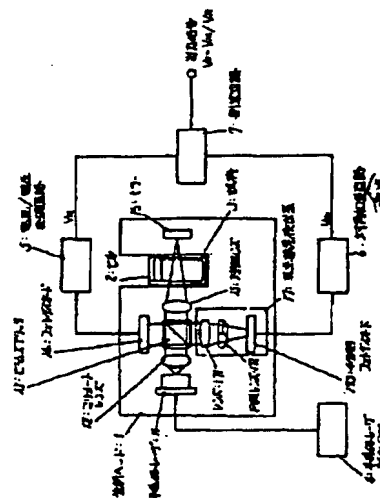
(57) Abstract:

PURPOSE: To miniaturize an analyzing head and to perform highly sensitive absorption spectrum analysis by detecting the change of the focus position due to the photothermal effect generated in a sample of the converged beam of semiconductor laser by a focus error detecting optical system.

CONSTITUTION: The beam emitted from a semiconductor laser 11 is condensed by a collimation lens 12 to become parallel beam and this parallel beam is allowed to be incident on a beam splitter 13 to be split into two beams. One of two split beams is reflected by the beam splitter 13 and photoelectrically converted by a photodiode 14 to be inputted to a current/voltage converter circuit 5. The other beam transmits through the beam splitter 13 to become converged beam by an object lens 15 to be incident on a sample 3. The beam transmitted through the sample 3 receives the concave lens effect of the sample 3 and the focus position of the converged beam changes. The reflected beam from a mirror 16 is reflected by the beam splitter 13 to be converted to an electric signal by a focus error detecting optical system 17. A diagonal sum difference operation circuit 6 takes the difference of the diagonal sum of the electric signal to obtain a

focus error signal and a divider circuit 7 devised the error signal by a beam power monitor signal to remove the power variation of the emitted beam of the laser 11.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio



(51) Int.Cl.⁵

G 0 1 N 21/41

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7370-2 J

審査請求 未請求 請求項の数3(全6頁)

(21) 出願番号 特願平3-264874

(22) 出願日 平成3年(1991)10月14日

(31) 優先権主張番号 実願平3-24090

(32) 優先日 平3(1991)4月12日

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72) 発明者 大矢 彰

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河
電機株式会社内

(72) 発明者 田中 秀子

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河
電機株式会社内

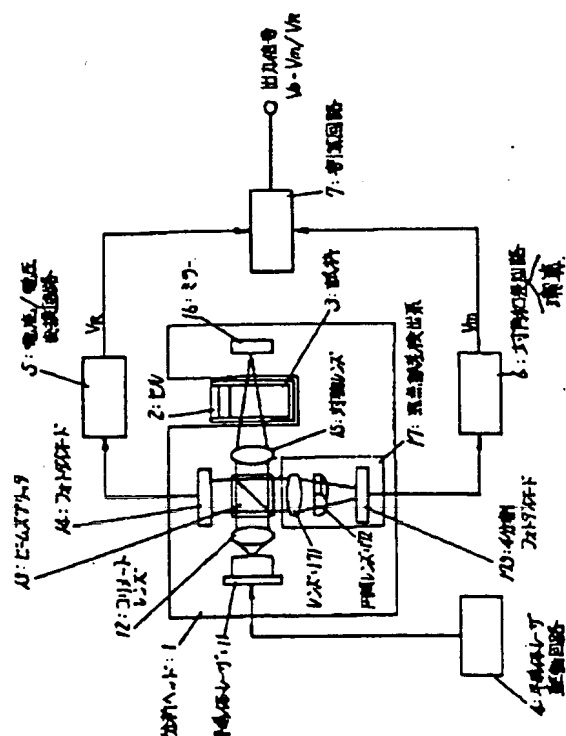
(74) 代理人 弁理士 小沢 信助

(54) 【発明の名称】 光熱レンズ分析装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 小型で光利用効率が大きく高感度な光熱レンズ分析装置を実現する。

【構成】 半導体レーザ11と半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズ12と第1のレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタ13と分岐された一方の光を受光するフォトダイオード14と分岐された他方の光を集束する第2のレンズ15と第2のレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラー16とミラーからの反射光がビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系17で構成される分析ヘッド1、第2のレンズとミラー間に設置された試料3と試料を充填するためのセル2、半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路4、フォトダイオードの電流出力を電圧に変換する電流/電圧変換回路5、焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路6を備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を受光するフォトダイオードと、分岐された他方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドのフォトダイオードの電流出力を電圧に変換する電流／電圧変換回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、この対角和差演算回路の出力を前記電流／電圧変換回路の出力で除算する割算回路とを備えた構成としたことを特徴とする光熱レンズ分析装置。

【請求項2】 半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を受光するフォトダイオードと、分岐された他方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドのフォトダイオードの電流出力を電圧に変換する電流／電圧変換回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して和の演算を行い和信号を出力する和演算回路と、前記対角和差演算回路の出力を前記和演算回路の出力で除算する第1の割算回路と、この第1の割算回路の出力を前記電流／電圧変換回路の出力で除算する第2の割算回路とを備えた構成としたことを特徴とする光熱レンズ分析装置。

【請求項3】 半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、

前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して和の演算を行い和信号を出力する和演算回路と、前記対角和差演算回路の出力を前記和演算回路の出力で除算する割算回路とを備えた構成としたことを特徴とする光熱レンズ分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光熱レンズ効果を用いた吸光分析装置に関し、特に焦点誤差検出光学系を用いた小型で高感度の光熱レンズ分析装置を実現するものである。

【0002】

【従来の技術】光吸収に伴う熱的現象を利用し吸収の小さい物質を分析する分析装置があり、その一つが光熱レンズ分析装置である。この光熱レンズ分析装置は、光熱レンズ効果を利用したものであり、レーザ光を試料に集光照射すると光吸収により試料の局所的な温度上昇が起り、それに伴って試料の屈折率が変化する。多くの物質では屈折率は温度上昇により小さくなるため、凹レンズが生じたかのような光学効果が起り、光は発散するものである。

【0003】図5はこのような光熱レンズ効果を用いた光熱レンズ分析装置の従来例を示す構成図である。図5において、半導体レーザ21の出射光を第1のレンズ22、チョッパー23、第2のレンズ24を通して、試料26のに入ったセル25に入射する。試料26に吸収されたレーザ光は熱に変換され、試料26に温度分布を生じる。このため、試料26は光熱レンズ効果を持ち、レーザ光の光束が変化する。十分離れた位置に設置されたピンホール27を通して、フォトダイオード28でレーザ光の中心光強度を検出する。光熱レンズ効果は試料濃度に比例するので、検出信号から試料濃度を測定することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術に示す光熱レンズ分析装置において、微小な光熱レンズ効果を検出するためには、フォトダイオード28の位置をセル25から十分に離す必要があるため、光路長が長くなり、装置が大型となった。また、ピンホール27を用いているため、光利用効率が小さく、高感度化が難しかった。

【0005】本発明は上記従来技術の課題を踏まえて成されたものであり、小型で、光利用効率が大きく高感度な光熱レンズ分析装置を提供することを目的としたものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

の本発明の構成は、半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を受光するフォトダイオードと、分岐された他方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドのフォトダイオードの電流出力を電圧に変換する電流／電圧変換回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、この対角和差演算回路の出力を前記電流／電圧変換回路の出力で除算する割算回路とを備えた構成としたことを特徴とするものである。また、半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を受光するフォトダイオードと、分岐された他方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドのフォトダイオードの電流出力を電圧に変換する電流／電圧変換回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して和の演算を行い和信号を出力する和演算回路と、前記対角和差演算回路の出力を前記和演算回路の出力で除算する第1の割算回路と、この第1の割算回路の出力を前記電流／電圧変換回路の出力で除算する第2の割算回路とを備えた構成としたことを特徴とするものである。さらに、半導体レーザと、この半導体レーザの出射光を集光する第1のレンズと、このレンズにより集光された光を2つに分岐するビームスプリッタと、分岐された一方の光を集束する第2のレンズと、このレンズにより集束された光の焦点位置に設置されたミラーと、このミラーからの反射光が前記ビームスプリッタにより反射されて導かれる焦点誤差検出光学系とで構成される分析ヘッドと、前記分析ヘッドの第2のレンズとミラー間に設置された試料とこの試料を充填するためのセルと、前記分析ヘッドの半導体レーザを駆動するための半導体レーザ駆動回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して対角和差の

演算を行い焦点誤差信号を出力する対角和差演算回路と、前記分析ヘッドの焦点誤差検出光学系の出力に対して和の演算を行い和信号を出力する和演算回路と、前記対角和差演算回路の出力を前記和演算回路の出力で除算する割算回路とを備えた構成としたことを特徴とするものである。

【0007】

【作用】本発明によれば、半導体レーザの集束光により試料に生じた光熱レンズ効果による焦点位置の変化を焦点誤差検出光学系により検出する構成としているため、分析ヘッドを小型にでき、また、光利用効率を向上できるため、高感度な吸光分析を行える。

【0008】

【実施例】以下、本発明を図面に基づいて説明する。図1は本発明の光熱レンズ分析装置の第1の実施例を示す構成図である。図1において、1は分析ヘッドであり、この分析ヘッド1は、半導体レーザ11、半導体レーザ11の出射光を集光し平行光にするコリメートレンズ12、平行光とされたレーザ光を2つに分岐するビームスプリッタ13、分岐された一方の光を受光するレーザ光パワーモニタ用のフォトダイオード14、分岐された他方の光を集束する対物レンズ15、対物レンズ15の集束光の焦点位置に配置されたミラー16、ミラー16からの反射光がビームスプリッタ13により反射されて導かれる焦点誤差検出光学系17で構成される。なお、焦点誤差検出光学系17は、例えば、図1では非点収差法による検出系を示しており、集光用のレンズ171と非点収差を与える円筒レンズ172と受光用の4分割フォトダイオード173から成る。2は透明なガラスで製作されたセル、3は分析を行う試料であり、セル2中に充填されており、分析ヘッド1の対物レンズ15とミラー16の間に配置されている。4は半導体レーザ駆動回路であり、分析ヘッド1の半導体レーザ11を駆動し、出射光パワーを変調する。5は電流／電圧変換回路であり、分析ヘッド1のフォトダイオード14の電流出力を電圧(VR)に変換する。6は対角和差演算回路であり、分析ヘッド1の焦点誤差検出光学系17の4分割フォトダイオード173の出力信号が入力され、対角和差の演算を行い、焦点誤差信号(V_Δ)を出力する。7は割算回路であり、焦点誤差信号(V_Δ)を電流／電圧変換回路の出力(VR)で除算し、その演算信号(V₀ = V_Δ / VR)を出力する。

【0009】このような構成において、その動作を図1および図2に示す動作波形図を用いて説明する。図1および図2において、半導体レーザ11の出射光は、コリメートレンズ12により集光されて平行光束となり、ビームスプリッタ13に入射され、2つに分岐される。一方は、ビームスプリッタ13で反射され、フォトダイオード14に入射される。入射光は光電変換され、その電流出力は電流／電圧変換回路5に入力される。入力され

た電流出力は、光パワーのモニタ信号 (VR) に変換される。他方は、ビームスプリッタ13を透過して、対物レンズ15により集束光となり、セル2に充填された試料3に入射される。試料3のレーザ光照射部周辺は、光吸収により温度が上昇し、光軸を中心に同心円状の温度分布を生じる。一般に、試料の屈折率は負の温度分布を有しており、温度が高い部分の屈折率は小さくなり、試料に屈折率分布を生じる。これは、光熱レンズ効果により、試料のレーザ光の照射部分には、凹レンズが生じたことに相当する。試料3を透過した光は、ミラー16に入射されるが、このミラー16は、予め標準試料を用いた時に、集束光の焦点位置に合致するように配置してあるため、試料3の凹レンズ効果により、集束光の焦点位置が変化する。ミラー16からの反射光は、再び対物レンズ15により集光され、ビームスプリッタ13で反射されて、焦点誤差検出光学系17に入射される。焦点誤差検出光学系17では、集光レンズ171により集光されて、円筒レンズ172に入射される。入射された光は、円筒レンズ172のx、y方向の合焦位置に設置された4分割フォトダイオード173に円形像を結ぶ。この円形像は、試料3からの出射光の焦点位置の変化に対応して、円形から縦長楕円や横長楕円の像に変化する。この像が、4分割フォトダイオード173を構成する各素子にてそれぞれ検出され、レーザ光の焦点位置に対応した電気信号に変換され、対角和差演算回路6に出力される。この電気信号の対角和の差をとることにより、試料3からの出射光の焦点位置の変化に対応した焦点誤差信号 (Vm) が得られ、割算回路7に入力される。割算回路7では、焦点誤差信号 (Vm) が光パワーモニタ信号 (VR) で除算され、半導体レーザ11の出射光のパワー変動の影響が除去される。

【0010】ここで、図2に示すように、試料3で吸収される光パワーは、試料濃度 (イ図) に対応している。試料温度 (ロ図) と試料屈折率 (ハ図) の変化は、吸収された光パワーに対応しており、光熱レンズ効果による焦点位置変化 (ニ図: Vm) もこれに対応して変化する。したがって、割算回路7の出力信号 (ホ図: Vo = Vm / VR) は、試料濃度 (イ図) に対応した大きさであり、割算回路7の出力信号 (Vo) から試料濃度を分析することができる。

【0011】図3は本発明の光熱レンズ分析装置の第2の実施例を示す構成図である。なお、図3において図1と同一要素には同一符号を付して重複する説明は省略する。図3において、61は対角和差演算回路であり、分析ヘッド1の焦点誤差検出光学系17の4分割フォトダイオード173の出力信号が入力され、対角和差の演算を行い、焦点誤差信号 (VFE) を出力する。62は和演算回路であり、4分割フォトダイオード173の出力信号が入力され、和演算を行い、和信号 (Vs) を出力する。63は第1の割算回路であり、焦点誤差信号 (VFE) を和信号 (Vs) で除算し、その演算信号 (Vm = VFE / Vs) を出力する。7は第2の割算回路であり、第1の割算回路63の出力信号 (Vm) を電流/電圧変換回路5の出力 (VR) で除算し、その演算信号 (Vo = Vm / VR) を出力する。

【0012】このような構成において、光熱レンズ効果による焦点誤差信号の変化量 (対角和差演算回路61から出力される焦点誤差信号VFE) の全光量 (和演算回路62から出力される和信号Vs) に対する割合Vmは、試料濃度cと試料入射レーザパワーに比例する。つまり、

【数1】

$$V_m = \frac{V_{FE}}{V_s} \propto C \times P = C \times V_R$$

ただし、c: 試料濃度

p: 試料入射レーザパワー (=VR)

となり、第1の割算回路63の出力信号である。したがって、試料濃度cは、

【数2】

$$C \propto \frac{V_m}{V_R} = \frac{V_{FE}}{V_s \cdot V_R} = V_o$$

となり、焦点誤差出力信号VFEを和信号Vsと電流電圧変換回路5の出力VRで除算した演算出力Voに比例する。この第2の割算回路7の出力信号Voから試料濃度を分析することができる。

【0013】図4は本発明の光熱レンズ分析装置の第3の実施例を示す構成図である。なお、図4において図3と同一要素には同一符号を付して重複する説明は省略する。図4と図3との相違点は、図3装置におけるビームスプリッタ13および第2の割算回路7を削除した構成とした点である。この場合、出力信号Voは、割算回路63から出力されるVm、つまり、Vo = Vm = VFE / Vsとなり、前記数1で表されるが、この数1において、pは半導体レーザ駆動回路4により、一定に制御されるため、割算回路63から出力される出力信号Voは、試料濃度cに比例した値となる。

【0014】なお、上記実施例において、反射用のミラー16を削除し、試料3の透過光を直接焦点誤差検出光学系17に入射させる構成としても良く、同様の効果を得られると共に、装置構成を簡単にできる。

【0015】また、上記実施例において、焦点誤差検出光学系17の構成は、非点収差法に限るものではなく、臨界角法、ナイフエッジ法、ウェッジプリズム法、ビームサイズ法などを用いても良い。

【0016】

【発明の効果】以上、実施例と共に具体的に説明したように、本発明によれば、半導体レーザの集束光により試料に生じた光熱レンズ効果による焦点位置の変化を焦点誤差検出光学系により検出する構成としている。したが

って、分析ヘッドを小型にでき、また、光利用効率が大きくなるので、高感度に分析できる。更に、検出信号を半導体レーザの光パワーモニタ信号で除算して出力信号とする構成としたために、半導体レーザの光パワー変動の影響を受けない。また、焦点誤差信号を和信号とレーザパワーに比例した信号で除算する構成とすることにより、試料濃度は光熱レンズ効果による焦点誤差信号変化量の和信号に対する割合に比例し、レーザパワーに反比例するので、出力信号は試料濃度に比例した量を測定できるなどの効果を有する光熱レンズ分析装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光熱レンズ分析装置の第1の実施例を示す構成図である。

【図2】図1装置の動作を説明するための動作波形図である。

【図3】本発明の光熱レンズ分析装置の第2の実施例を示す構成図である。

【図4】本発明の光熱レンズ分析装置の第3の実施例を示す構成図である。

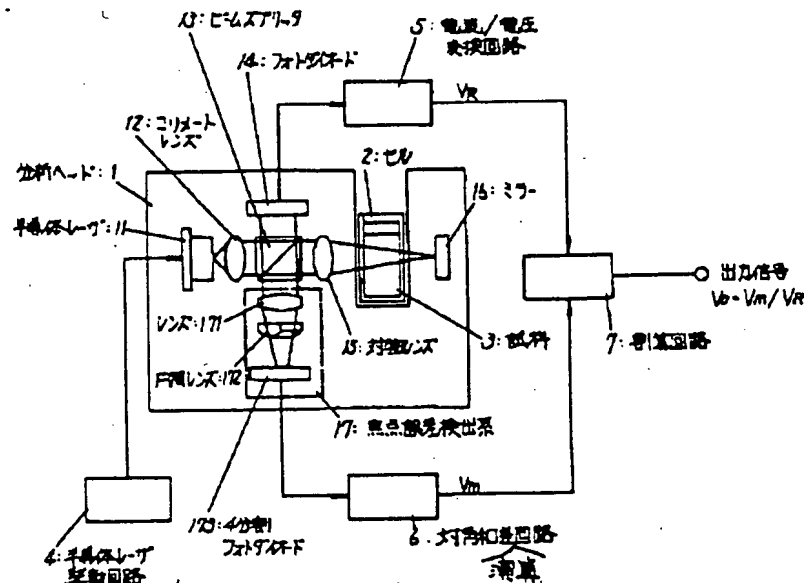
【図5】従来の光熱レンズ分析装置の一例を示す構成図

である。

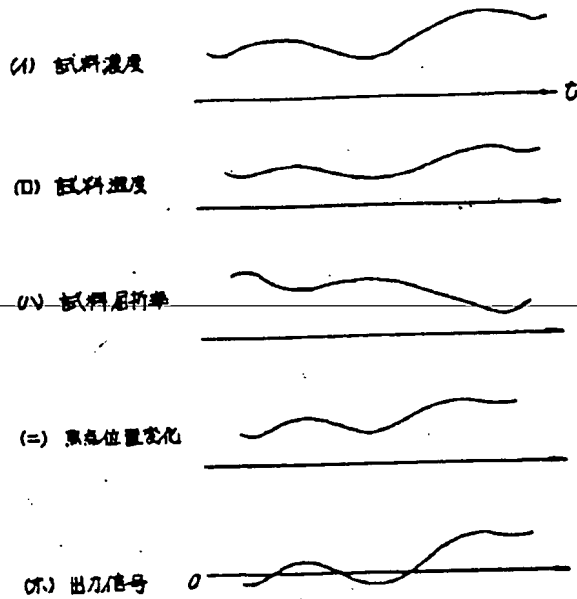
【符号の説明】

- 1 分析ヘッド
- 2 セル
- 3 試料
- 4 半導体レーザ駆動回路
- 5 電流/電圧変換回路
- 6、61 対角和差演算回路
- 7、63 割算回路
- 10 11 半導体レーザ
- 12 コリメートレンズ
- 13 ビームスプリッタ
- 14 フォトダイオード
- 15 対物レンズ
- 16 ミラー
- 17 焦点誤差検出光学系
- 62 和演算回路
- 171 レンズ
- 172 円筒レンズ
- 20 173 4分割フォトダイオード

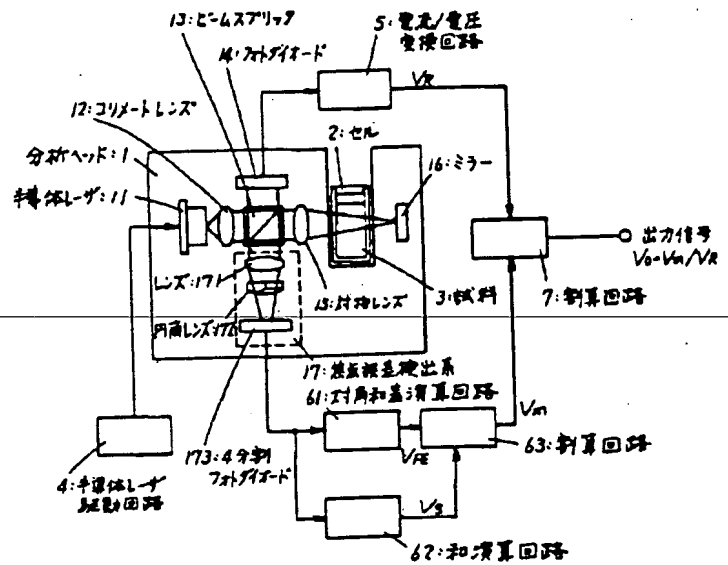
【図1】



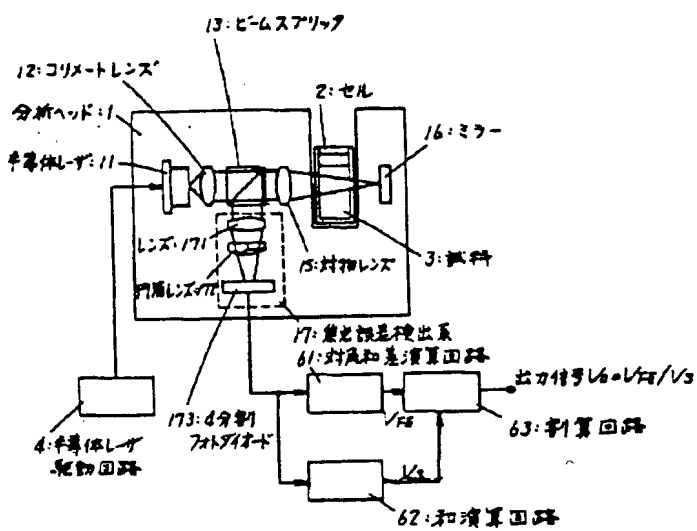
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

